Untersuchungen über den Bau der Sehnen

von

Arnold Spina, stud. med.

(Aus dem Institute für experimentelle Pathologie in Wien.)

(Hierzu Tafel VIII.)

(Sep.-Abdruck aus den med. Jahrb. III. Heft 1873.)

Die Arbeiten, zu welchen Ranvier's Untersuchungen über den Bau der Sehne neuerdings den Anstoss gegeben haben, gestatten, so weit sie bis heute bekannt geworden sind, immer noch keinen klaren Einblick in die Beziehungen zwischen den Zellen, elastischen Fasern und den eigentlichen Bindegewebsbündeln der Sehnen.

Ranvier's Vorstellung, dass zwischen den Sehnenbündeln Röhren verlaufen, welche aus eingerollten Zellen zusammengesetzt sind, wurde von Güterbock[1]), Boll[2]) und Anderen dahin berichtigt, dass die Zellen keine Röhren bilden.

Boll's Angabe[3]), die Zellen der Sehne trügen eigenthümliche, firstartige Verdickungen, welche er mit dem Namen »elastische Streifen« belegte, rief ferner neuen Widerspruch hervor.

Während Török[4]), Adickes[5]), Bruce[6]), Renaut[7]) und Flemming[8]) übereinstimmend erklären, die elastischen Streifen

---

[1]) Centralblatt 1870, Nr. 3.
[2]) Archiv für mikroskop. Anatomie 1870.
[3]) l. c.
[4]) Würzburger Verhandlungen III.
[5]) Inaugur.-Dissertat. Göttingen 1872.
[6]) Quarterly Journal of microsc. XII.
[7]) Archives de Physiologie 1872.
[8]) Virchow's Archiv 1872.

seien durch Knickung oder Faltung des Zellleibes nach Einwirkung von Essigsäure entstanden und hiemit Kunstproducte, räumt Ponfick[1]) diesen Gebilden ein constantes normales Vorkommen ein, indem er stereometrisch den Beweis für die Coincidenz der elastischen Streifen und der schmalen Seitenflächen der leichtgewölbten Sehnenkörperchen zu liefern trachtet.

Eine weitergehende Erklärung gibt Ciaccio[2]), nach ihm sind Streifen und Zellleib keine morphologische Einheit mehr, und der erstere ein künstliches Erzeugniss der durch Säuren in Falten gelegten zarten Sehnenscheiden. Gerlach[3]) und Grünhagen[4]) hingegen ergehen sich in Wort und Bild in einer Boll's Untersuchungen im Wesentlichen bestätigenden Weise.

Diese noch bestehenden Meinungsverschiedenheiten, sowie der Umstand, dass ich zur Schlichtung derselben einiges beizutragen in der Lage bin, veranlassen mich die Resultate meiner eigenen Untersuchungen zu publiciren. Indem ich mich dieser Aufgabe unterziehe, verschiebe ich die Darlegung all' jener Angaben, welche ich bestätige oder widerlege, auf den Schluss der Abhandlung, weil ich mich dann nach Anführung einiger von mir gewonnenen Erfahrungen mit grösserem Erfolge auf das Bekannte beziehen kann.

Methode.

Hat man eine dünne, einem eben getödteten Thiere entnommene Sehne auf 5—10 Minuten in eine $1/2$ % Chlorgoldlösung, darauf in schwach angesäuertes Wasser gebracht und der Einwirkung des Lichtes bis zur Violettfärbung ausgesetzt, so ist dieselbe schnitt- und zupffähig geworden. Die Controle der auf diese Weise gewonnenen Präparate durch solche, welche frischen Sehnen entlehnt worden sind, spricht zu Gunsten der Methode, da mit Ausnahme der Differenzirung in der Farbe, die Topographie, namentlich wenn die quellende Wirkung des sauer gemachten Wassers eben nur im antagonistischen Verhältnisse zu der adstringirenden der Chlorgoldlösung gestanden, in Nichts gestört erscheint.

---

[1]) Centralblatt 1872, Nr. 8.

[2]) Memorie dell' Acad. di Bologna III.

[3]) Sitzungsberichte der Societät in Erlangen.

[4]) Archiv für mikroskop. Anatomie 1873.

Dieser Methode ist die Silberpräparation nicht ganz ebenbürtig. Die letztere kann in doppelter Weise zur Anwendung gelangen; man wendet entweder lege artis Silberlösung an, oder man bestreicht eine noch in ihrer Scheide liegende Sehne gleichmässig mit dem Lapisstifte, wäscht dieselbe in Wasser aus und überlässt sie der Lichteinwirkung. Ich gab bei meinen Untersuchungen, besonders dann, wenn ich Schnittpräparate anfertigen wollte, dem Lapisstifte den Vorzug, weil die zu färbende Sehne von grösserem Dickendurchmesser sein darf, als im Silberbade, das, wenn die Färbung gelingen soll, nur bei sehr dünnen Sehnen oder Sehnenstückchen in Gebrauch gezogen werden kann. Die zum Schneiden nöthige Härte erlangen die mit Silber gefärbten Sehnen nach $1/2$—1tägigem Liegen in verdünntem Alkohol, aus welchem sie in Oel-Wachs eingebettet und geschnitten werden können.

Eine dritte nicht zu entbehrende Tinctionsmethode ist die Färbung mit Carminammoniak oder Picrocarmin. Die Handhabung dieser Färbemittel brauche ich im Allgemeinen nicht zu erörtern, nur sei erwähnt, dass das jeweilige Aussehen der mit Carmin behandelten Sehnenfibrillen ein Gradmesser für die Aciditat oder Alkalescenz der angewandten Carminlösung ist.

Ich habe die Sehnen des Hundes, der Ratte, des Kaninchens und des Menschen und zwar sowohl die stärkeren, wie die schwächeren und das Centrum tendineum der Ratte und des Kaninchens untersucht. Die Altersperioden der untersuchten Sehnen liegen zwischen dem Anfange des letzten Drittels des intrauterinären Lebens und dem 81. Lebensjahre (Menschliche Sehnen).

Die Tendo Achillis wurde in die Untersuchungen nicht einbezogen.

I. Embryonale Sehnen.

a) Längsschnitte.

Bringt man einige Bündel einer in Gold gefärbten Sehne eines 6 Centimeter langen Kaninchenembryos, nachdem man sie in Glycerin aufgehellt hat, unter das Mikroskop, so lassen sich an ihnen violette und farblose längliche Felder unterscheiden, die hinter und neben einander alterniren. Ist die Vergrösserung genügend stark (Hartnak, Ocul. 3, Obj. 8) so erkennt man, dass während die farblosen Bänder längs gestreift erscheinen, die goldgefärbten aus regelmässig hinter

einander liegenden und so Reihen bildenden Zellen von ungleicher Grösse und Form bestehen. (Fig. I.) Die grössten derselben haben zuweilen die Kreisform, die übrigens durch dicht anliegende, benachbarte Gebilde etwas eckig gedrückt oder gekerbt erscheinen kann. Die kleineren Zellen bilden in der Flächenansicht längliche, mit den Längsseiten parallel zu den Sehnenbündeln verlaufende Rechtecke, die successive schmäler werdend, eine Convergenz der beiden Längsseiten der Zellenreihen herbeiführen. Die Goldfärbung erstreckt sich nicht auf die ganze Zelle in gleicher Weise. Das Protoplasma, in dessen dem Kerne anliegenden Antheilen zahlreiche, tief violett gefärbte Körnchen liegen, nimmt eine näherungsweise violette Farbe an; der in der Regel excentrische Kern bleibt ungefärbt und hebt sich so von dem übrigen Zellleibe als ein elliptisches, gekörntes Gebilde deutlich ab. Die weissen Streifen zeigen einen deutlichen fibrillären Bau, der seinen Ausdruck in zarten mit den Zellenreihen parallel laufenden Linien findet, welche auf Zusatz von Säuren oder Alkalien zum Schwunde gebracht werden können.

Zerzupft man dieselbe Schnur in möglichst feine Fädchen, so weist das mikroskopische Bild dann zahlreiche Veränderungen auf. Die Bindegewebsbündel sind anfgefasert, die Zellenreihen gesprengt. Manche Zellen haben sich von den anliegenden Fibrillenbündeln vollkommen gelöst, andere kleben noch mit einem kleinen Theile ihres Körpers denselben an, noch andere bilden mit zwei oder mehreren anderen zusammengesetzte Bruchstücke einer Zellenreihe. An aufgefaserten Bündeln bemerkt man an beiden Längsseiten der Zellreihe kurze, etwas zugespitzte, wie Dornen hervorstehende Fädchen (Fig. II). Da sich dieselben an in Chlorgold gebadeten Sehnen dunkelviolett färben, sind sie auch dann ohne besondere Mühe wahrzunehmen, wenn sie ihre Spitzen dem Beschauer zukehren. Stärkere Vergrösserungen (Hartnack Ocul. 8, Obj. 10) lassen erkennen, dass diese Fortsätze aus Fasern entspringen, welche wie eine Leiter angeordnet mit den Bindegewebsbündeln theils parallel, theils zu ihnen quer verlaufen. In je einer Masche der tief violett gefärbten Leiter liegt je eine Zelle; sind die Zellen durch das Zupfen ausgefallen, dann lässt sich ihre frühere Lagerung an den eigenthümlichen Zeichnungen des Bündels sozusagen ablesen.

Diese tiefviolett gefärbten Längs- und Querfäden machen denselben Eindruck, wie die Kittsubstanzen der Epithelien. Da dieser Ausdruck nicht nothwendig etwas anderes präjudicirt, als dass er sich auf eine

Substanz bezieht, welche Zellen umringt, er aber ausserdem am meisten dazu geeignet ist, die Verhältnisse zu versinnlichen, so will ich vorläufig denselben auch für die Sehne anwenden. Die früher erwähnten dornartigen Fortsätze erscheinen demnach wie Bruchstücke zerzupfter Kittsubstanzen. Doch liegt die Sache hier nicht so einfach wie bei den Epithelien. Bei den letzteren werden je zwei Zellen immer nur durch einen Faden getrennt. In der Sehne hingegen erscheint jede Zelle der Längsreihe als von einem ringsum gesonderten dunkelvioletten Faden umgeben (Fig. III. a.) Jede Sprosse der Leiter ist in diesem Falle doppelt. (Fig. II. a.) Je zwei benachbarte Sprossen können mit einander verschmelzen, und die Präparate zeigen alle Uebergange der Verschmelzung bis zur einfachen Sprosse.

Nicht aller Orten gestalten sich die Verhältnisse auf gleiche Weise. Es liegen die Kittsubstanzringe entweder nicht unmittelbar an dem blassgefärbten Zellleibe an, sondern es bleibt zwischen beiden eine schmale Zone übrig, oder es fehlen die Fäden bald vollkommen, bald erscheinen sie nur auf einen Theil des Zellumfanges beschränkt. Der Umstand, dass jene Sehnen, welche der Goldeinwirkung durch etwas längere Zeit ausgesetzt waren, die Grenzfäden als ununterbrochene (in einer Ebene an das Bild einer Leiter mahnende) Längs- und Querstreifen aufweisen, legt die Annahme nahe, dass das Fehlen der Kittsubstanzen in einer mangelhaften Einwirkung des Färbemittels beruhe.

Aehnlicher Bilder wird man an Silberpräparaten gewahr. Da nach Silberimprägnation das Protoplasma zumeist ungefärbt bleibt, und die dasselbe umreifenden Gebilde ein mehr oder weniger tiefes Braun annehmen, wird das Lagerungsverhältniss der Zellen und Kittsubstanzen ein viel anschaulicheres. Es gibt jedoch auch Zellen, welche ganz deutlich von Silber gebräunt werden, so dass dieselben von den anliegenden Kittsubstanzen kaum zu unterscheiden sind.

Carmin färbt in jener Concentration, in welcher die Zellkerne sich leicht tingiren, die Zellenringe schwach roth.

b. Querschnitte.

Bevor ich zur Beschreibung der Querschnittbilder schreite, halte ich es für gerathen, auf Folgendes aufmerksam zu machen. Man kann schon mit unbewaffnetem Auge die Ueberzeugung gewinnen, dass nicht alle Theile eines und desselben Sehnenstückchens vom

Chlorgold gleichgefärbt erscheinen. Diese Farbenunterschiede fallen schon in einer und derselben Höhe der Sehnenbündel auf. Bald sind es die peripheren, bald die centralen Theile, welche in ungleicher Farbe sich deutlich absetzen. Weitere Untersuchungen werden geltend machen, dass verschiedene Entwicklungsstadien sich verschieden färben. Aus diesem Grunde erscheint die Vorsicht vonnöthen, immer nur gleichgefärbte Sehnenpartien auf Längs- und Querschnitten zu untersuchen.

Möglichst senkrecht auf die Verlaufsrichtung der Sehne geführte Schnitte zeigen einen viel complicirteren Bau, als diess die Längsansichten errathen lassen. (Fig. IV.)

Den ungleich gefärbten länglichen Feldern des Längsschnittes correspondiren ungleich gefärbte kleinere, rundlich oder polygonal begrentzte, welche sich zu einem zierlichen Bilde an einander legen. Innerhalb der gefärbten Flächen sieht man häufig je einen mächtigen, zart granulirten rundlichen Kern; diese müssen daher als Querschnitte der Zellenreihen angesehen werden. Die farblosen Flächen können ferner nur als Querschnitte der Bindegewebsbündel angesehen werden, eine Annahme, welche in der zarten Punktirung der Flächen und in dem Verschwinden der ersteren nach Zusatz von Essigsäure ihre Bestätigung findet. Das Lagerungsverhältniss der gefärbten und ungefärbten Flächen ist zuweilen alternirend, zuweilen wird die Symmetrie durch zwei oder mehrere, unmittelbar neben einander gelagerte, gleichgefärbte Flächen aufgehoben.

Es ergibt sich aus solchen Schnitten zunächst, dass die Zellen in diesem Stadium keine Platten sind, sondern kurze dicke Prismen, wie sie Güterbock geschildert[1]) und abgebildet hat.

Wenn die Goldfärbung intensiver ist, dann bemerkt man auf Querschnitten, dass dem schwach gefärbten Protoplasma nach Aussen zu ein dunkeltingirter Streif anliegt (Fig. IV. a), der, das Protoplasma umschlingend, viele zarte Fortsätze aussendet, welche sich verzweigen und mit den von einer anderen benachbarten Zelle ausgesandten Fortsätze anastomosiren. War der Schnitt von einer grösseren Dicke, so bekommt man beim Eingehen in seine verschiedenen Ebenen die wechselvollsten Bilder zu Gesichte. Eine

---

[1]) Centralblatt 1870 Nr. 3. und Med. Jahrbücher 1871.

quergetroffene Zelle, die in einer bestimmten Ebene zwei oder dreistrahlig war, weist in einer tieferen 4—5 Strahlen auf, und eine vielstrahlige wird strahlenärmer; ein Feld, das sich in oberen Ebenen als durchschnittenes Bindegewebsbündel darbot, wird bei tieferer Einstellung durch eine quergetroffene Zellreihe abgelöst.

Die unmittelbar aus der Umrandung der Zelle stammenden Fortsätze (Strahlen erster Ordnung) lassen sich durch die Stellschraube bei starker Vergrösserung (Hartnack: Obj. 10) als Durchschnitte dünner Bänder erkennen. Die Ausläufer dieser Bänder hingegen — Strahlen zweiter Ordnung — zeigen keine merkliche Ausdehnung in die Tiefe und müsssen daher als Fäden gedeutet werden. Manche der sternartigen Zeichnungen wurden beim Schneiden ihres centralen, protoplasmatischen Antheils beraubt; sie lassen dann im Centrum eine Lücke erkennen, welche von dem die Strahlen ausschickenden Reife umrandet wird. Die Umrandung ist in einzelnen Ebenen bald vollständig, bald unvollständig.

Auf Querschnitten durch ungefärbte Sehnen erscheinen die sternartigen Zeichnungen als helle, das mattere Bindegewebe durchsetzende Netzwerke, welche selbst an dünnsten Schnitten kaum zu entwirren sind, da die Differenzirung in Kern, Protoplasma und Sternarme nicht vorhanden ist. Deutlicher werden diese Querschnittsbilder nach Behandlung mit Essigsäure. Das Protoplasma hat sich dann nicht selten von dem dasselbe umgebenden Ringe durch Schrumpfung abgelöst, die Sternarme bekommen besonders nach längerer Einwirkung der Säure ein streifiges Aussehen, erscheinen aber selbst nach mehrtägigem Maceriren in verdünnter Salzsäure vollständig erhalten.

Silbernitrat bewirkt ebenso klare Ansichten wie Chlorgold; es kann nur dadurch eine Modification der Bilder herbeiführen, dass es — wie schon bei der Betrachtung der Längsschnitte erwähnt wurde — hie und da das Protoplasma oder, stärker angewandt, das fibrilläre Gewebe bräunt. Endlich bieten auch Carminfärbungen lehrreiche Bilder. Ich sah an einem schwach gefärbten Schnitte die Zellkerne und das Bindegewebe roth tingirt; zwischen den sehr dünnen Bindegewebsbündeln und dem matten, den Kern einhüllenden Protoplasma war eine glänzende, ungefärbte Substanz eingelagert. Andere Schnitte zeigten das Protoplasma schwach oder gar nicht, Kerne, Bindegewebe und Sternarme aber deutlich roth gefärbt.

II. Zweites Entwicklungsstadium.

a) Längsschnitte.

Dünne Längsschnitte durch goldgefärbte Sehnen neugeborener oder ein bis zwei Monate alter Kaninchen zeigen wieder die früher erwähnten gefärbten und ungefärbten Felder; in den ersteren erkennen wir die Zellreihen, in den letzteren die längsgetroffenen Bindegewebsbündel, welche ausser der Vergrösserung ihres Dickendurchmessers von den früher geschilderten nicht wesentlich abweichen; die Zellen hingegen zeigen nicht unbedeutende Veränderungen, in Bezug auf Grösse, Form und Lagerungsverhältniss. Die Zellenreihen sind schmäler und länger geworden, und zwar beruht ihre grössere Länge auf dem Längerwerden ihrer Glieder, und auf einer Zunahme der Zahl derselben.

Die einzelnen Zellen werden auch in diesem Stadium von der früher mit einer Leiter verglichenen, tiefviolett gefärbten Substanz umgeben (Fig. V.), aber die Maschen sind länger und schmäler. Indem sich die ganze Reihe nach beiden Polen verschmächtigt um mit einer Spitze zu endigen — convergiren die seitlichen Längsantheile der Leiter und vereinigen sich dann an beiden Polen zu je einem Faden, den wir als terminalen bezeichnen wollen (Fig. VI. a). Die Zellen selbst sind in der Mitte der Reihe am breitesten und zwar stellen sie hier rechteckige Prismen von Dominosteinform vor. Gegen die beiden Pole der Reihe hin werden sie schmäler und kürzer aber in der Weise, dass sie noch immer längliche Prismen bilden. Der Uebergang bis zu jener Stelle, an der das Rendezvous der Leiterlängsttheilung erfolgt, geht ganz allmälig vor sich. Manche der Zellreihen enthalten nur zwei, andere zehn und noch mehr Glieder.

Complicirter werden die Verhältnisse, wenn zwei oder mehrere Zellenreihen sich theilweise berühren (Fig. VI. b). Man kann solche Stellen an dickeren Schnitten leicht zu Gesichte bekommen; man nimmt dann wahr, dass eine Zellenreihe, einem in die Tiefe ziehenden Bindegewebsbündel folgend, in unmittelbare Nähe einer anderen gelangt. Die gefärbten Querleisten der einen Reihe gehen dann zuweilen ohne Unterbrechung in die der anderen Zellenreihe über, ferner biegt oft ein seitlicher Längsfaden von der einen Zellenreihe ab und wird zur Längsseite der anderen, oder der gefärbte terminale Faden einer Zellkette legt sich unmittelbar an die Längsseite einer über

ihr laufenden anderen Zellenreihe. Es ist oft nothwendig zur Einsichtnahme dieser Verhältnisse dickere, stärker tingirte Schnitte zu untersuchen, dieselben in verdünnter Salzsäure quellen zu machen und wieder dem Lichte auszusetzen. Das Protoplasma erscheint nach der Einwirkung der Säure wie angenagt und verblasst, die fibrilläre Structur der Bindegewebsbündel verstrichen und von den zwischen zwei oder mehreren Zellenreihen hinziehenden, braunen Fäden durchbrochen. Zum Studium der topographischeu Verhältnisse anderer Sehnengebilde ist diese Procedur nicht geeignet, da die destruirende und modellirende Wirkung der Säure zahlreiche beirrende Bilder veranlasst. Man hat es aber zum Theile in der Hand, die durch Quellung gesetzten Dislocationen der Gewebstheile zu controliren, wenn man den Zusatz der Säure nach Bedeckung des Objects mit dem Deckgläschen und unter mikroskopischer Beobachtung vornimmt.

Trotz alledem stellen sich nach der Säurewirkung nicht selten Bilder ein, deren wahre Natur selbst bei den besten Cautelen kaum zu erschliessen ist. So findet man Zellreihen, die dadurch, dass einer der Längsfäden stellenweise von ihnen sich entfernt, eine Strecke weit der longitudinalen Einfassung entbehren. (Fig. V. a.) Ferner kommt es zuweilen vor, dass einer der abbiegenden Fäden quer über eine benachbarte Zellenreihe zieht, um sich in einer höheren oder tieferen Ebene mit den Kittleisten einer anderen Zellenreihe zu verbinden.

Nicht selten tragen die Zellen einer Reihe auch an ihren grössten Flächen violettgefärbte Leistchen, welche in der Regel parallel zu den Längsseiten der Zellen verlaufen. Diese Leistchen verschmelzen an anderen Reihen unter einander zu langen Fasern und ziehen dann in Form median gelegener Fäden über die Zellenreihe. (Fig. VI. c.) Sie treten hiebei, so oft sie eine Querleiste zu übersetzen haben, mit ihr in Zusammenhang. Die Bezeichnung »medianer Faden« kann übrigens nicht wortstreng auf alle diese Gebilde bezogen werden, da nicht selten ein medianer Faden mehr oder weniger diagonal über die Zellenreihe zieht. (Fig. VI. d.)

Der Zusammenhang dieser medianen Fäden mit den Querleisten, der Widerstand gegen die Einwirkung von Säuren, und das gleiche Verhalten der medianen wie der lateralen und transversalen Fäden auf Gold und Silber spricht für die physiologische und histologische Identität dieser Gebilde.

Was die Gestalt der Zellen betrifft, so kommen ausser den schon geschilderten Formen gedrungene Spindeln und verästigte Körper vor. Im letzteren Falle konnte ich keine deutlichen Kittfäden beobachten. Endlich gibt es Zellen, welche von deutlichen Kittfäden umfasst werden, nach beiden Seiten hin aber sehr zarte, violettgefärbte Fortsätze tragen, welche durch Anastomosen äusserst zarte und engmaschige Netze bilden.

Die Zellenreihen verlaufen in diesem Stadium nicht mehr geradlinig, sie beschreiben vielmehr, wie ein in leichte Spiralen gedrehtes Bändchen weite Windungen. Je milder die Einwirkung der beim Färben mit Gold nicht zu vermeidenden Wirkung der Essigsäure erfolgte, desto weiter die Spiralen; es lässt sich daher nicht ausschliessen, dass der mehrfach gewundene Verlauf der Zellenkette ein künstliches Erzeugniss sei. Ueberdies verlaufen die Zellenreihen an Silberpräparaten, welche bekanntlich ohne Zuhilfenahme einer Quellungsflüssigkeit gewonnen werden, schief und nicht spiralig gedreht.

Zur Ergänzung der nach diesen Methoden gewonnenen Bilder, dient die Untersuchung des frischen, ungefärbten Sehnengewebes; doch gelangen die Verhältnisse erst dann zur genügenden Deutlichkeit, wenn man das Bindegewebe zum Quellen gebracht hat. Die Zellenreihen und die leiterartigen Fäden treten dann als glashelle Gebilde hervor. Die Leiterwerke, welche sich an solchen Präparaten wie verdickte Zellenränder ausnehmen, sind es namentlich, welche diese Eigenschaft im hohen Grade für sich in Anspruch nehmen können. Sie lassen sich aus diesem Grunde an vielen Stellen als nicht unterbrochene Fäden weit verfolgen.

b) Querschnitte.

Querschnitte goldgefärbter Sehnen dieses Stadiums bieten Folgendes: Der Querschnitt der Zellen ist vieleckig, der Kern tritt nicht mehr in der früheren Deutlichkeit hervor, der Ringfaden schmiegt sich dem Zellleibe an und schickt zahlreiche lange Fortsätze aus, die sich auch hier als Längsschnitte zarter, schmaler Bändchen erweisen. Durch Anastomosen benachbarter Fortsätze entstehen ungleich grosse Maschen, welche von dem quergetroffenen ungefärbten fibrillären Bindegewebe ausgefüllt werden.

Wird ein etwas dickerer Querschnitt mit Essigsäure behandelt, so zerfällt derselbe in dünne Scheibchen, so dass aus dem einen dickeren Querschnitte eine Anzahl über einander liegender dünnerer Querschnitte entstehen. Jedes dieser Scheibchen kann durch Umstülpung, indem ein Stück der kurzen und longitudinalen Grenzfläche des Scheibchens nach oben gewendet und der Ebene des Gesichtsfeldes parallel zu liegen kommt — sogenannte Donders'schen Bänder bilden. Ein Donders'sches Band kann sich ferner durch die Wirkung der Säure abermals in zarte, kurze Fibrillenbändchen theilen.

Ein Donders'sches Band ist demzufolge ein Längsschnitt, dessen Breite der Dicke eines solchen Scheibchens, nicht aber der Dicke des ursprünglichen Querschnittes entspricht. Die Betrachtung der Donders'schen Bänder und der Scheibchen in Carmin gefärbter Präparate ergibt folgendes: An den ersteren nimmt man die verschiedenartigsten Bruchstücke von Zellenreihen und ihren Kittfäden wahr. Ausserdem kommen Bruchstücke von geschlängelten, nicht gefärbten, zuweilen verzweigten Fäden vor, welche sich parallel zum Verlaufe der Fibrillen erstrecken. Die Untersuchung der Scheibchen (von denen Fig. VII. eines darstellt), bestätigt den Befund an Querschnitten goldgefärbter Sehnen. Gerade an diesen Präparaten lassen sich die scheinbaren Zellfortsätze als von einer die Zelle umhüllenden Schichte ausgehende zarte Membranen und Fäden erkennen.

III. Entwicklungsstadium.

a) Längsschnitte.

Wir gelangen nun zu jenem Stadium der Entwicklung, welches ich an mehrere Jahre alten Hunden, Kaninchen und an alten Menschen gefunden habe. Zur Färbung von Sehnen dieser Entwicklungsstufe bediente ich mich vorzugsweise des Carmins, da Gold und Silberpräparate weniger deutliche Bilder lieferten. Ich ging bei der Färbung nach der von Ranvier angegebenen Methode, die Sehnen im fixirten Zustande zu färben und zu untersuchen, vor. Die Präparate erschienen im fixirten Zustande durch ungleich lange parallel zur Längsachse der Sehnenbündel hinziehende, tief gefärbte Streifen in ungefärbte Längsfelder getheilt. Wurde die Sehne aus ihrer Fixirung gelöst und durch Essigsäure quellen gemacht, dann konnte man sich überzeugen, dass die Streifen Längsschnitte von eigenthümlichen bandartigen Gebilden sind, welche aus zarten roth gefärbten isolirten oder ver-

schmolzenen Platten zusammengesetzt sind. Wenn die Säure länger gewirkt hatte, nahmen die Bänder einen geschlängelten Verlauf an und krümmten sich rinnenartig ein.

Man kann zwei Arten dieser Bänder unterscheiden. Die einen sind deutlich gestreift und zwar der Länge und der Breite nach, bald schmal, bald breit, die anderen hingegen schmal, glatt, aber von grösserem Glanze (Fig. VIII.—X. führen uns einige Bänder der ersteren Art vor). Die Streifung verläuft sowohl der Länge als der Quere nach so, dass das Band in längliche, viereckige Felder getheilt wird. Die Längsstreifen befinden sich, wenn das Band nicht sehr breit ist (Fig. X.), meistens nur am Rande derselben; an breiteren Bändern hingegen (Fig. IX.) sieht man je zwei bis drei solcher Streifen auch in den mittleren Bandtheilen. Diese Fasern oder Streifen wiederholen bald die Krümmungen des Bandes, bald verlaufen sie in selbstständigen, von den Krümmungen des Bandes unabhängigen Windungen. (Fig. IX a.) Die Längsstreifen convergiren bald an den Polen der Bänder und verlaufen endlich, zu einem selbstständigen terminalen Faden vereint (Fig. X. a, Fig. XI. a), im Bindegewebe weiter; bald trennen sie sich, ohne den Pol erreicht zu haben, vom Bande los (Fig. IX, Fig. X. c) und bilden durch Anastomosen mit Fäden analoger Art weitmaschige, das Bindegewebe durchsetzende Netze.

Die Zahl der Querfasern ist sehr variabel; an vielen Bändern fehlen sie vollkommen (Fig. IX.), während andere Bänder durch sie in eine Reihe länglicher Vierecke getheilt werden. (Fig. VIII, Fig. X.) Die Structur dieser Vierecke legt die Annahme, dass die Bänder aus den früher beschriebenen Zellenreihen hervorgegangen sind, sehr nahe. Man nimmt nämlich innerhalb solcher Rechtecke nicht selten einen deutlichen, tief roth gefärbten Kern wahr. (Fig. X, b.) Demzufolge sind die Quer- und Längsstreifen als Reste des früher beschriebenen leiterartigen Gebildes aufzufassen, was auch in ihrem Verhalten nach Gold- und Silberfärbung — durch erstere färben sie sich violett, durch letztere braun — in der Resistenz nach Einwirkung von Säuren und ihrem Glanze seine Begründung findet.

Die Bänder der zweiten Art sind von geringer Breite. Die Querstreifen gehen ihnen vollkommen ab, und die Längsstreifen sind entweder auch nicht, oder nur als marginale Verdickungen an denselben wahrzunehmen. (Fig. XI.) Auch von den Polen dieser Bänder gehen

Netze bildende Fäden ab. Band und Faden sind stark glänzend und widerstehen der Einwirkung der Essigsäure.

Glatte und gestreifte Bänder stehen entweder durch Nebeneinanderlagern oder durch anastomosirende Fäden in Verbindung. Ein breites gestreiftes Band theilt sich oft in zwei schmälere gestreifte, von einander divergirende Bänder, welche aber mit jenem durch Längsfäden im Zusammenhange erhalten werden.

Ausser den von den Bändern abgehenden Fasern kommen noch längere oder kürzere selbstständige Fäden vor (Fig. X. d.), welche parallel zu den Fibrillen verlaufen und sich gegen Reagentien und Licht wie die Längs- und Querfasern des Bandes verhalten: Diess, so wie ihr gewundener Verlauf, und das an vielen dieser Fäden, (insbesondere an Donders'schen Bändern), wahrzunehmende Bruchende macht es wahrscheinlich, dass diese Fäden Bruchstücke von mit Bändern zusammenhängenden Fasern sind.

Längsschnitte von Sehnen dieses Stadiums zeigten nach Zusatz einer Säure die von den Autoren viel besprochenen Quellungsbauschen. Die Querschnitte der oblongen Gebilde, welche nicht quellen und durch Einschnürung der gequollenen Massen diese Bauschen bewirken, sind entweder drehrund und in diesem Falle von Bändern ausgehende Fasern, oder elliptisch und dann von glatten Bändern herrührend.

b) Querschnitte.

Die Untersuchungen quergeschnittener Sehnen dieser Altersperiode ergeben, dass die Durchmesser der Bindegewebsbündelquerschnitte grösser sind als die vorher beschriebenen Entwicklungsstufen und wieder durch sternförmige Bilder abgegrenzt werden, deren Centra aber nunmehr verdünnt, nur als Durchschnitte breiter oder schmaler (Fig. VII. b) Bänder erscheinen.

Die Strahlen erster Ordnung sind, wie früher, nichts als die schmalen Flächen niederer Sehnenscheiden.

Dickere Sehnen, quergeschnitten, bringen die mehrere Sehnenbündel umscheidenden, Blutgefässe enthaltenden Querfaserzüge zur Anschauung. Die letzteren erscheinen auf Querschnitten längsgetroffen; in dieselben hinein lassen sich nicht quellende Fasern und Bänder verfolgen.

Ich will es nunmehr versuchen die auf Längs- und Querschnitten gewonnenen Bilder aufeinander zu beziehen und die hieraus gewonnenen Vorstellungen mit den Angaben der Autoren vergleichen. Die Centra der auf Querschnitten sichtbaren sternförmigen Figuren sind zweifellos Querschnitte der an Längsschnitten gesehenen Zellenreihen. Der Umstand, dass die Zellen sowohl auf Quer- als auch auf Längsschnitten von tiefer gefärbten Ringen umgeben erscheinen, spricht ferner dafür, dass die Ringe Durchschnitte von Zellhüllen oder Scheiden sind, von welchen aus die quer durch die Sehne ziehenden Strahlen ausgehen. Da diese Strahlen sehr dünn und schmal sind, so können sie auf Längsschnitten nicht anders, denn als isolirte im Gewebe zerstreute, zarte kurze Fädchen oder gar nur punktförmig erscheinen, — Bilder, die man in der That auf Längsschnitten häufig genug sieht.

Aus meiner Darstellung ergibt sich ferner, dass die Hüllen und ihre Fortsätze die erste Anlage des elastischen Gewebes bilden. Ich bestätige hier offenbar Angaben, welche schon früher, allerdings im Sinne der Schwanns'schen Zellenlehre gemacht wurden. So hat Valentin[1]) die elastischen Fasern als ein Product der seitlichen Zellwandungen oder einer »Circumpositionssubstanz« zwischen den Zellen angesehen. Deutlicher spricht sich hierüber Donders[2]) aus. Unter Erbringung zahlreicher Beweise befürwortet er ebenfalls die Ableitung der elastischen Fasern von Zellen, und zwar den damaligen Anschauungen gemäss, von der Membran derselben. Er stützt seine Aussage auf eine Reihe von Veränderungen, welche durchzumachen nur die Zellmembran das Vermögen besitze, und welche ihm auch bei der Genese der elastischen Fasern platzzugreifen scheinen.

Johannes Müller[3]) und Reichert[4]) bezeichnen die Intercellularsubstanz als bindegewebsbildend, die Zellen hingegen als Bildner elastischer Fasern, so dass diese sich zum Bindegewebe eben so verhalten sollen, wie die Zellen des Knorpels zur Grundsubstanz desselben. Im Gegensatze zu diesen Anschauungen leitete Henle[5]) bei dem Aufbaue seiner Kernfasertheorie einen Theil des elastischen

---

[1]) Müller's Archiv 1840.

[2]) Zeitschrift für wissenschaftl. Zoologie Bd. III.

[3]) Müller's Archiv 1839.

[4]) Müller's Archiv 1852.

[5]) Allgemeine Anatomie.

Gewebes (Valentin's horizontal aufgereihtes Epithel, Purkinje's Formatio granulosa und Gerber's variköser Zellstoff) von Kernen ab, welche in einander schmelzen sollen. Bekämpft wurde diese Anschauung von Virchow in Gemeinschaft mit Donders, welche beide der Meinung waren, dass die durch Acidum aceticum darstellbaren Fasern nicht aus der Verlängerung von Kernen, sondern aus der Verschmelzung faserartig auswachsender oder sternförmiger Zellen hervorgehen.

Es scheint mir, dass meine Darstellung diese Discussion in manchen Stücken aufzuklären geeignet ist. Indem sich die Zellen sammt ihren Hüllen abplatten und die letzteren in elastische Bänder übergehen, ist es begreiflich, dass man in diesen Bändern auch noch Kerne finden kann; und in der That sind die von Henle [1]) abgebildeten Kernfasern durchaus den Gebilden analog, welche ich als schmale gestreifte Bänder beschrieben habe. Andererseits ist es verständlich, dass man in den zu Bändern abgeplatteten Zellenreihen die Zellen nicht leicht wieder erkennt.

Die Frage, ob das Protoplasma ganz und gar in elastisches Gewebe übergeht, oder ob innerhalb der abgeplatteten Hüllen noch Reste von lebender Materie übrig bleiben, muss ich unentschieden lassen. Ich behaupte nur, dass die elastische Substanz zunächst an der Oberfläche der Zellen gebildet wird.

Unter den einschlägigen Untersuchungen der Gegenwart ist zunächst Boll's [2]) Angabe über ein von ihm neu entdecktes Gebilde »den elastischen Streifen“ zu berücksichtigen — der, wie Török [3]) erwähnt, von Henle schon früher gesehen und als Kunstproduct gedeutet wurde.

Die von mir an Längsschnitten von Goldpräparaten beschriebenen dunkel violetten Ringe und die aus ihnen hervorgehenden lateralen Fasern entsprechen den von Boll beschriebenen elastischen Streifen.

Ich muss aber meiner Darstellung entsprechend die Angabe Boll's dahin erweitern, dass es nicht nur laterale und mediane, sondern auch zu beiden quer verlaufende elastische Streifen gibt.

---

[1]) Allgemeine Anatomie.
[2]) l. c.
[3]) l. c.

Es ergibt sich ferner aus meiner Darstellung, dass die Streifen ursprünglich keine selbstständigen Gebilde, sondern Bestandtheile der Zellscheide sind. Sobald sich die Zellen zu Platten umgestalten, werden aus den Zellhüllen Bänder, an welchen die Längsstreifen als Fasern, die Querstreifen aber als quere Abtheilungen der Platten sichtbar bleiben.

Boll bezeichnet ferner den Schwund der hyalinen Sehnenzellen zu faserartigen Gebilden als Endmetamorphose derselben. Indem er sich zweimal auf Fig. 6 seiner Abbildungen bezieht, zeigt er durch die Erklärung dieser Abbildung zunächst, dass er nur die schmalen Seitenflächen der Bänder gesehen, und sie als Fasern ausgesprochen habe. Seine Angaben sind aber sonst auch nicht zutreffend, da er einerseits angibt, dass die Zellen zu Fasern schwinden und andererseits, dass sie als Sehnenscheiden persistiren.

Boll gibt endlich als maximale Zahl der einer Zelle zukommenden elastischen Streifen die Zahl drei an — zwei laterale Streifen und ein medianer, — während andere nur einen oder zwei besitzen sollen. Ich muss auch diese Angabe dahin erweitern, dass an einzelnen Zellreihen ausser den lateralen zwei bis drei mediane Fasern vorkommen.

In Betreff der Sehnenscheiden und die das Bindegewebe beim Quellen einschnürenden Gebilde bleiben noch folgende Angaben zu berücksichtigen:

Mit den ersteren beschäftigt sich eine in jüngster Zeit der Oeffentlichkeit übergebene Arbeit von Gruenhagen [1]). Der Verfasser beschreibt flügelartige Membranen, welche den Zellen anhaftend, die Umscheidung der Bündel vermitteln sollen. Die Angabe über den Zusammenhang derselben mit Zellen bringt meine Anschauung der Gruenhagen's sehr nahe.

Eine weitere Angabe über die die Bindegewebsbündel umhüllenden Scheiden — macht Heidenhain [2]). Er beschreibt eine nach Holzessigmaceration auf Bindegewebsbündeln der Blase auftretende Querstreifung, die er auf Scheiden der Bindegewebsbündel zurückführt.

---

[1]) Archiv für mikrosk. Anatomie 1873.

[2]) Studien I. Heft.

Die Angaben über die Quellungsbauschen hat Boll erschöpfend behandelt. Seine eigene Anschauung hierüber ist übrigens schon von Flemming [1]) widerlegt.

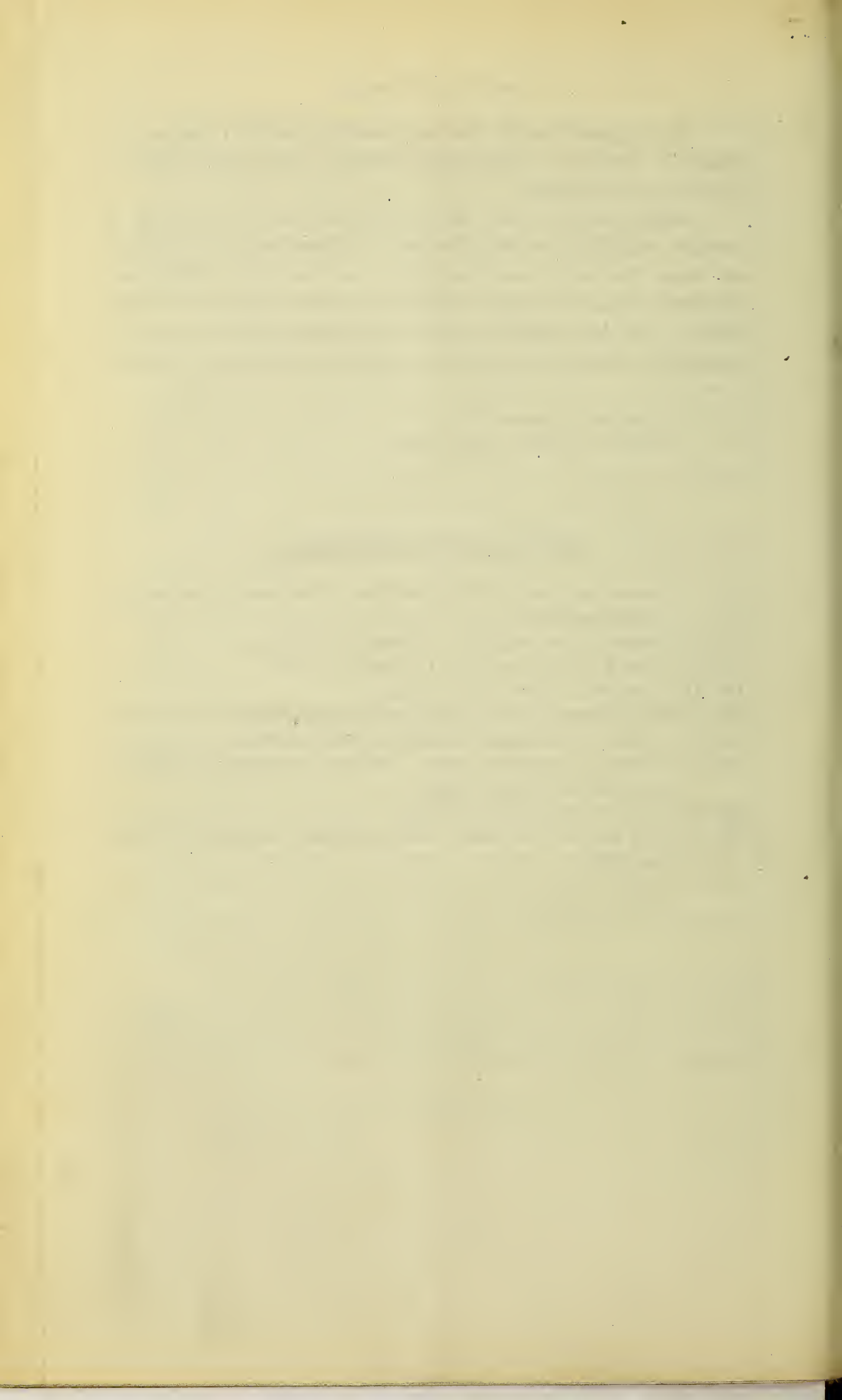
Schliesslich sei noch einer Arbeit von Oskar Hertwig [2]) erwähnt. Ich glaube die Resultate meiner Untersuchungen von Sehnen mit denen Hertwig's am Netzknorpel, an dem der Verfasser des Nachweis zu liefern trachtet, dass das elastische Gewebe den Netzknorpels auf der Oberfläche des Protoplasmas gebildet wurde, in wesentlichen Punkten als einander bestätigend ansehen zu dürfen.

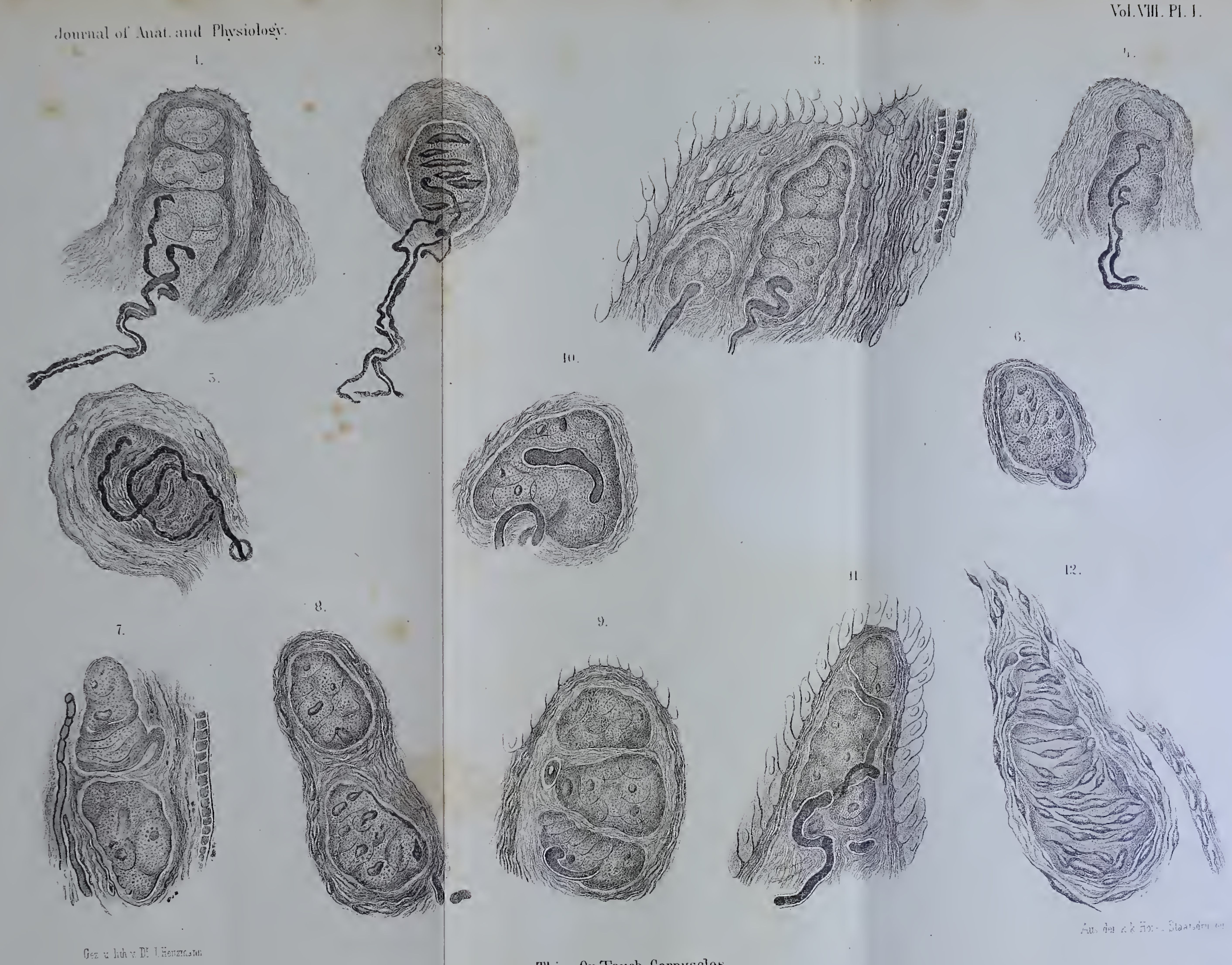
---

[1]) Virchow's Archiv 1873.
[2]) Archiv für mikrosk. Anat. 1873.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Längsschnitt einer in Gold gefärbten Sehne eines 6 Ctm. langen Kaninchenembryo.
Fig. II. Dieselbe Sehne zerzupft; a dornartige Fortsätze.
Fig. III. Eine Zellenreihe aus Fig. I. (vergl. pag. 388).
Fig. IV. Querschnitt durch dieselbe Sehne.
Fig. V. Eine Zellenreihe mit medialem und lateralem Faden von der Sehne eines neugeborenen Kaninchens. (Goldpräparat).
Fig. VI. Zellenreihe derselben Sehne. Uebergang des terminalen Fadens einer Reihe auf eine andere.
Fig. VII. Querschnitte derselben Reihe.
Fig. 8, 9, 10 und 11. Aus Sehnen alter Individuen (vergleiche pag. 395 und 396).





Thin. On Touch Corpuscles.

